VACUUM TUBE

真空管には6EM7，送り出しには小型出力トランスを使用した

マルチユース真空管ライン コントロールアンプの設計・製作［製作編］

落合　萠　OCHIAI Moyuru

本機の増幅部は，連動double KNFB方式でわかりやすいのだが，電源部はチョークコイルの使用や6EM7のヒーター直流電圧安定化，2段目のグリッド固定バイアスなどで複雑となった．ケースはタカチ電機工業のWO133-32-33を使用．L型アングルを利用し，内部のシャシーを30mm高くして各パーツを取り付られるようにした．調整・仕上げをスムースに行うヒントについても触れた．周波数特性，THD特性などはまったく問題なく，「アンプの存在感のない」という目的を満たしたアンプとなった．

前号の回路図において，変更したところがあるので**図1～3**に再掲載する．これによれば，電源を製作する作業が主体となることが知れる．連動double KNFB方式による増幅部分はきわめて簡単でわかりやすいのだが，電源部は設計も製作もなかなかやりにくい．

製作は，まず電源から始めよう．電源なくしては，増幅部のテストもできない．本機の電源は，3つの部分からなる．電源は必要不可欠だが，アンプのノイズはNFBの設計ミスを除けば，そのほとんどがこの部分からの発生であることもまた事実である．

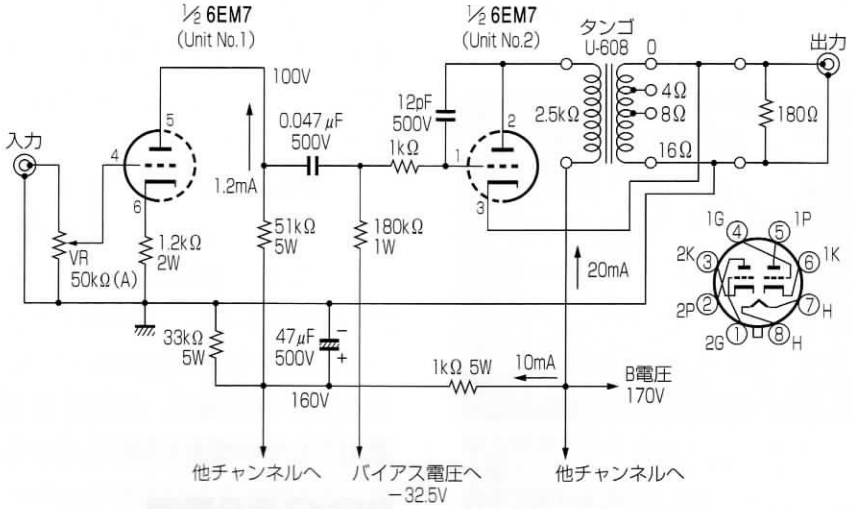
電源トランスは，回路図の巻線を持っていればメーカーを問わない．もし，後述のように，**6EM7**を交流点火するなら，6.3V巻線は各2Aもあれば，**6EM7**用1回路，**412A**用1回路で済む．B電圧用巻線は，両波整流用巻線180～220Vがあればよい．

電源トランスの位置と向きは，カラー写真（p.25）と製作途上のシャシーの孔あけ写真（**写真1**）を参照していただきたい．

① **6EM7**用B電源は，**412A**（傍熱管・9ピンMT）による全波整流回路とチョークインプットに近い動作の平滑回路を組み合わせてある．**412A**に換えて，**5Y3GT**（直熱管）の使用でもよい．

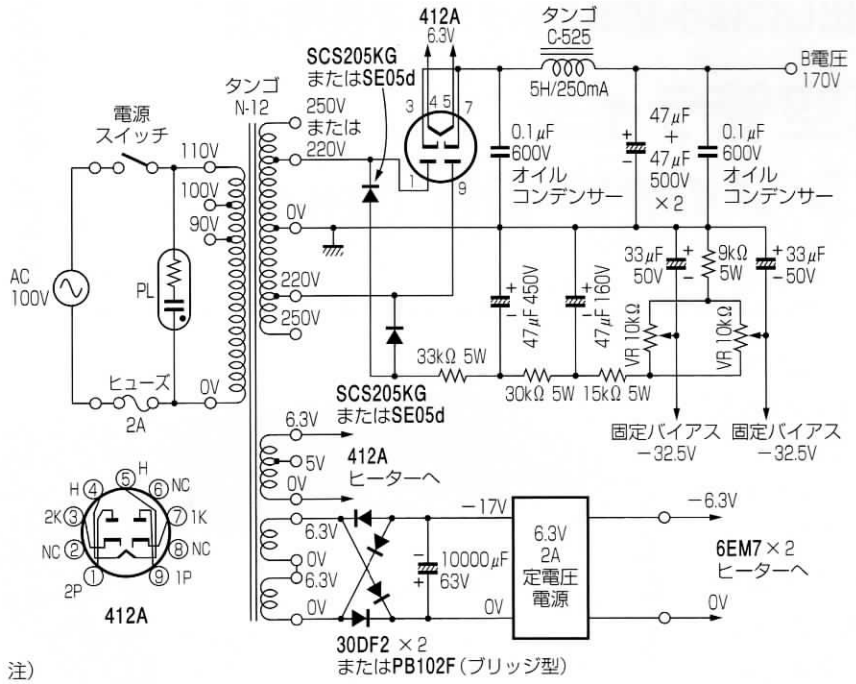
いまどき，「ここに」なぜ整流管による回路を用いたかは，増幅部分をも含めた回路方式を眺めれば，一目瞭然だろう．

② **6EM7**のヒーター（フィラメント）は直流点火とした．この電源は単に整流・平滑しただけでなく，安定化してある．この安定化電源は，ディスクリート構成としてある．だから，本機には中味の知れないICはいっさい採用していない．もちろん，その動作の安定性はICに勝るとも劣らない．



注）本電源で170Vは，180V以上にならないようにする．もし，170V以上になる場合には，ブリーダー抵抗33kΩ/5Wを27kΩ/5Wあるいは51kΩ//51kΩ（ともに5W）の並列接続などで落とすとよい．

［図1］本機増幅部の回路

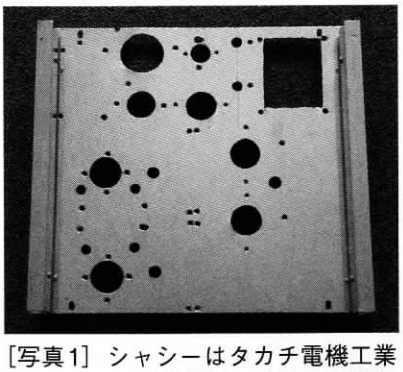


注)
1：412Aのヒーター回路は，アースに落としてはいけない．
2：6EM7のヒーター回路は，アースしてはならない．独立回路であること．
3．電源トランスB巻線は220～180V．本機では，高過ぎためAC110V端子を利用した．このとき，ヒーター電圧6.3Vは6.2Vへと下がるが，まったく問題ない．この場合でも，6EM7×2の直流点火のヒーター電圧は6.3V一定である．
4．出力側のB電圧170Vに接続されている0.1μF/600Vのオイルコンデンサーは，本機ではアリゾナ・キャパシターズのグリーンカクタスを用いた．
5．VR10kΩは，2W(B)型．

[図2] 本機電源部の回路

ちなみに，**6EM7**はオーディオ専科で手に入れたものである．

この回路，トランジスターや半導体ダイオードなど真空管アンプにはなじみのない素子ばかりか，回路も高度に洗練されているだけに，かなり理解しにくいかもしれない．V_{CE}=10Vと低電圧とはいえ，レギュレータートランジスター**2SA1941**には常時2Aもの電流が流れ，消費電力も20Wとばかにならない．本来なら，1℃/Wほどの大型放熱器を必要とするが，本機ではシャシーに直付けにして放熱を図った．



[写真1] シャシーはタカチ電機工業のAC32-33を使用し，トランス類や真空管ソケットなどの孔あけ加工を行う．両サイドにL型アルミ板を「コ」字形に組み合わせて取り付け，シャシーの高さを30mm上げている

交流点火であっても，ノイズレベルは実用上差し障りはない．筆者は安定化回路を選択したが，安定化電源を作る手間と時間を考えるとき，どちらを採るかは思案のしどころだろう．

③ **6EM7**のUnit No.2（以下，Unit2）は固定バイアス動作としたため，別途バイアス電源を作らねばならない．半導体ダイオードによる全波整流回路とした．立ち上がりが速く，**6EM7**の保護用としての機能を期待している．

6EM7用B電源

整流管**412A**用9Pソケットは，ミツミ電機のシールド付きソケットの下の部分を利用した．機械的衝撃から**412A**を保護するためである．ソケットのセンターはアースに落としてある．ピン接続は**図2**をご覧いただければおわかりになろうが，**412A**はカソードが分離されていることに注意しよう．

もう1つ，ヒーター電圧は6.3Vである．**5Y3GT**やそのファミリーの5.0Vと異なる点にも留意する．**412A**は，シャシー上正面に向かって右の端にセットした．

チョークインプットは整流管の保護に有利だが，それ以外にチョークコイルの入力側にコンデンサーを入れることにより，さらに応用範囲が広がる．回路図中，整流直後に入っている0.1μFはノイズレベルを下げるためのコンデンサーだが，もう1つ，この値により電源電圧の値を調整することができることは記憶しておくとよいだろう．

B巻線の電圧に180～220Vの幅を持たせたのは，このコンデンサーにより直流B電圧の調整ができるためである．容量を減らせばB電圧は下がり，増やせば高くなる．0.1～0.5μFで，所定のB電圧170Vは出せるはずである．

バイアス回路の製作

6EM7のUnit2は固定バイアスで働かせていることの経緯は，すでに前号で触れた通りである．ここでは，それ以外のことについて触れよう．

真空管は，ヒートアップに11秒ほどの時間を必要とする．この時間は都合のよいケースと，不都合なそれとに分けられる．本機では，前者になるように仕掛けてあ

る.

とにかく，何がなんでも最速でバイアス電圧はしっかりかけておこうという算段だ．そのため，B電圧の整流には**412A**を使い，シリコンカーバイド・ショットキーバリアダイオードのローム**SCS205KG**を起用したのだ．A（アノード），K（カソード）の区別のため，Aに赤印を付けて誤配線のないようにしている．

本誌2015年4，5月号の**2A3**連動double KNFBパワーアンプのケースもそうだ．いずれも電気的特性，信頼性，耐久性に優れ，そして何より自然なこと，これらを「まとめて」立ち上げた．つまり，両立させたことに着目していただきたい．本機ハードウエアの再現性にも優れている．お作りください．

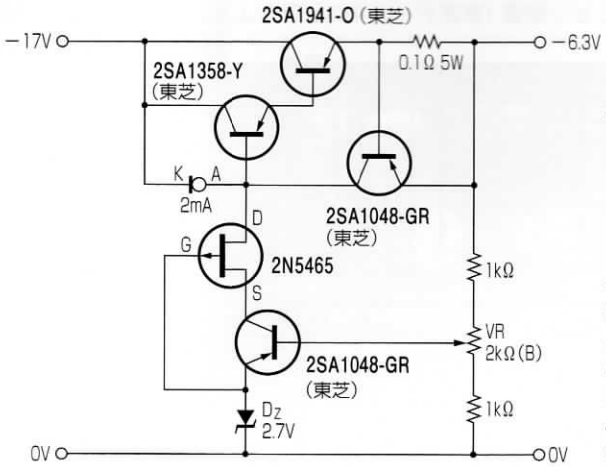
パワーアンプの場合，**2A3**が手に入らなければ，昨年来報告し続けた**EL34**（T）によるアイテムでも結構．試聴ばかりでなく，自作して最高のそれに触れてください．どのラインに入れても，その実力を発揮するはずです．

「まとめて」と申し上げた意味は，音や特性がよければ，耐久性，信頼性はどうでもよい．一瞬どうだ，で決めるようなハードウエアではないですよ，と言いたかったのだ．

ところで，この**6EM7**は**2A3**ほど古くはない．だから丈夫なはずだ．念には念を入れたまでだ．

本機では，固定取り付けタイプの電解コンデンサーを多用したため，チューブラー型のそれはほとんど使用しなかった．わずかにCバイアス回路の33μF/50V×2個がそれらだ．

製作上，難所はない．真空管を挿す前に，所定のバイアス電圧－32.5～－34Vが出るようにVR 10kΩを調整するだけだ．



注）
1：定電流ダイオードは2mAを指定する．定電圧ダイオードRD2.7Aは定電流ダイオード同様，極性に注意する．
2：Pチャンネル FETの2N5465はビシェイ・シリコニクス製．
3：2SA1048A-GRは，BLランクでもよい．
4：VR 2kΩ（B）は，半固定抵抗．
5：指定なき抵抗は，1/2W型．

[図3] 保護回路を追加した本機のヒーター用6.3V定電圧電源回路

6EM7のヒーター電源

直流化しないのならば，この項はいらない．交流点火，直流点火によらずヒーター電源は独立にする．接地してはならない．もし気になるなら，0.1μF程度の小容量のオイルコンデンサーかフィルムコンデンサーを通して接地する．

さて，直流化に当たっての要点をまとめよう．**図3**がその部分だ．まず，デバイス．定電流ダイオードは2mAでセミテックの**E-202**，2.7V定電圧ダイオードはNECの**RD2.7A**を起用したが，2mA，2.7Vであればメーカーは問わない．どちらも，L2.5mm/φ1.0mmほどの細かい部品である．その上，記号を見ぬ限り，これらの区別は付けにくい．デバイスのまわりに，黒い線でカソードマークが入れられている．組み込むにあたってデバイスを取り違えたり，極性を誤らないように．

図3では，保護回路を入れたため，トランジスターはバイポーラートランジスターが4石，電界効果トランジスター（FET）が1石使われている．バイポーラートランジスターは，すべて東芝製で**2SA1048-GR**は最も小さく，コレクター損失（P_c）は200mW（T_a=25℃，周囲温度），**2SA1358-Y**は10W，**2SA1941-O**は100Wで，この2者はいずれもT_c=25℃（ケース温度）における値だ．

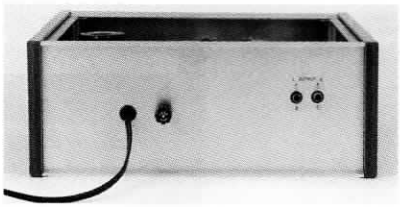
末尾のGR，Y，Oは電流増幅率のランクを表す．求める際には，ここに挙げたデバイスを告げれば，たとえ同じものが無くても同じクラスの代替品を紹介してもらえるはずだ．

PチャンネルFETの**2N5465**はランクなし，真空管みたいな石だ．耐圧60V，全損失P_d（バイポーラートランジスターのP_c，真空管のプレート損失に相当）はT_a=25℃で310mW．

このFETに初めて出会ったのは40年ほど昔のことで，米インターシルの品であった．その後，企業の離散集合によってシリコニクスを経て，現在はビシェイから販売されている．このFETだけは代替品がない．

図3はプロテクターを入れた回路だ．この定電圧電源は2A一定の電流を扱う．そのため，プロテクターの意味は薄い．調整時にトラブルは起きることは多い．こ

[写真5] 入力端子は，使い勝手のよいフロント側に配した．右側は電源スイッチ兼インジケーターランプ



[写真6] 右側に出力RCAピン端子を配し，ACコードはコネクターを使用しない，直出しとした

と**写真3，4**を参照していただきたい．

シャシー内は予想以上に錯綜してしまった．幾何学的配置に優先して配線をしたためかもしれない．しかしこれで，25ページのカラー写真からもおわかりのように，シャシー内の大部分を占めているのは電源であることに気付くはずだ．

調整のあれこれ

誤配線の有無のチェックはもちろんのこと，シャシー内で部品が重なっている部分やリード線間に短絡がないかを確認する．ダイオード類，電解コンデンサーの極性が正しいかどうかは，配線の確認作業の中でも最重要である．火災などの事故に直結する恐れがあるからだ．見えにくい部分にはとくに注意を払い，見える部分でもハンダ付けがしっかりされているかどうかを確認することは言わずもがなだろう．

412Aと2本の**6EM7**を挿さずに，通電する．その際，B電圧，バイアス電圧および**6EM7**のヒーター電圧を同時に測定するために，測定用に複数の電圧計を用意する．バイアス電圧に−32.5Vより低い電圧が出ることを確かめる．念のためVR 10kΩを動かして，最も低いバイアス電圧を確認して，その値にセットしておく．同時に**6EM7**のヒーター電圧6.3Vが出るように基板上の抵抗トリマー（小型のVR）を調整する．この値は**6EM7**が挿入されていなくとも出なくてはならない．

412Aを挿し，電源スイッチをONにする．無負荷であるため，B電圧は180Vを超え，高めに出るはずだ．

つぎに**6EM7**を挿入し，再び通電する．実機に注目し，異臭，異常な高熱，けむりなどの疑いが出た際には直ちに通電を中止．配線ミスを修正する．

仕上がってみるとこの**6EM7**．なかなか美しい．**412A**とのマッチングもよい．

電気的特性

方形波特性は，前号の写真1〜3を参照していただきたい．スピーカーシステムが負荷ではないためもあり，負荷抵抗50kΩとして100Hz，1kHz，10kHzでは何も起きない．周波数特性やTHD特性など電気的特性はいうことはなく，今までご報告してきた連動double KNFB方式アンプとなにも変わりは見えない．

調整・仕上げをスムースに行うためのヒント

ところでこのアンプ，当たり前のことだが，仕上がり後に**6EM7**を交流点火してみたのだが，安定化電源を採用した場合とのノイズレベルに差はなかった．

それで首尾よく，所期の「アンプの存在感のない」という目的は満たしたのだ．が，ところが実は本機，とんでもないことで手数がかかった．

なんと，これが最も基本的なハム退治であったのだ．これは漏洩磁束対策品でないトランス類，とりわけ電源トランス，平滑用チョークコイルを，回路規模から推して狭いケース内に押し込み，その上チョークインプットに近い平滑回路を組んだせいで発生したのだ．入力コントローラーであるVRを変化させても，ノイズレベルが変化しない場合にはこのような原因を疑うべきだろう．久しぶりのトラブルでやりがいはあった，などと負け惜しみを言っているのだが，そのノイズ対策には手間と時間がかかった．

発生源と思えるトランスの向きを工夫したり，トランス類の幾何学的サイズ，とりもなおさず容量を不必要に大きくしたりして，とんでもなく重量のあるアンプになってしまった．とにかく，漏洩磁束を減少させる対策には苦労した．

読者の皆様には，(a) トランスには漏洩磁束防止対策品を選ぶことをお勧めする．また，(b) 本機は基本的にはパワーアンプの構成を採っているため，製作の際，タカチ電機工業のSRDSL-8などのパワーアンプ用シャシーを起用したほうが，ことははるかにうまく運ぶので，このやり方に優位性がある．

とくに，方法 (b) はお薦めである．ゲインは狙いどおり20dB弱のため，外部の誘導も関係なく，ケースカバーはいらない．むしろ放熱には圧倒的に有利である．

製作に当たって気づいたこと，得られた改良点のアイデアを書き出したので，ご参照いただければ幸甚である．